



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

ULB

Entwicklung eines piezoelektrischen Druckmeßsystems

Scheuter, Karl R.; Rech, Hellmuth

(1968)

DOI (TUprints): <https://doi.org/10.25534/tuprints-00014149>

License:



CC-BY 4.0 International - Creative Commons, Attribution

Publication type: Article

Division: 16 Department of Mechanical Engineering

16 Department of Mechanical Engineering

Original source: <https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/14149>

Entwicklung eines piezoelektrischen Druckmeßsystems

Entwicklung eines piezoelektrischen Druckmeßsystems

Karl R. Scheuter
Hellmuth Rech

Der Vorgang der Farbübertragung in der Druckzone einer Druckmaschine ist von einer Reihe von Einflußgrößen, und zwar nicht zuletzt auch von der herrschenden Druckspannung abhängig [1, 2, 3, 4]. Bei Bedruckbarkeitsuntersuchungen ergibt sich deshalb die Notwendigkeit, diesen Parameter zu messen.

Zwei grundsätzliche Meßmethoden stehen zur Wahl. Entweder ermittelt man einen integralen Mittelwert aus den Lagerreaktionen eines am Druck beteiligten Zylinders, oder man mißt den örtlichen Druckverlauf mittels eines mit dem Formzylinder umlaufenden Meßsystems. Das Ergebnis der ersten Methode ist die mittlere Liniendruckspannung, also eine Kraft bezogen auf die Drucklinienlänge in $[\text{kp/cm}]$. Da die Breite der Drucklinie meist unbekannt ist, kann eine Umrechnung auf die mittlere Druckspannung in $[\text{kp/cm}^2]$ selten erfolgen. Bei Probedruckgeräten wird allgemein in dieser Weise gemessen.

Die zweite Methode liefert nicht nur die Druckverteilung, sondern gleichzeitig auch die Drucklinienbreite. Meßsysteme dieser zweiten Art bestehen aus einem Taststift, welcher auf einen Kraftaufnehmer einwirkt. Beides wird in den Zylinder, der die Druckform bildet, eingebaut. Damit der Taststift genau auf Zylinderhöhe zu liegen kommt, ist dieser nach dem Einbau des Systems sorgfältig zu überschleifen. Die gemessene Kraft, bezogen auf den wirksamen Querschnitt, ergibt dann mit einer gewissen Näherung den wirksamen Druck. Die Messung der Kraft kann über eine elastische Verformung mittels induktiver Abstandsmessungen oder Dehnungsmeßstreifen erfolgen [5, 6].

Diese elastische Verformung muß so groß sein, daß ein genügend starkes Meßsignal entsteht. Sie geht einher mit einer Absenkung des Taststiftes, wodurch sich zwangsläufig eine Verfälschung der Messung ergibt. Diese ist um so geringer, je weicher der Aufzug ist, da ein solcher der Absenkung in einem gewissen Maße folgen kann. Bei harten Aufzügen ist dies nicht der Fall. Es ist aus diesem Grunde eine weglose Druckmessung anzustreben.

Hier bietet sich die piezoelektrische Meßmethode mit großem Vorteil an [7, 8, 9]. Dank des hohen Elastizitätsmoduls der Quarzgeber wird die Absenkung vernachlässigbar klein, so daß auch mit harten Aufzügen gearbeitet werden darf. Lange Zeit hat die Übertragung der störepfindlichen Meßsignale über Drehübertrager Schwierigkeiten bereitet. Nachdem jedoch kleine Operationsverstärker auf dem Markt sind, die leicht in einen Zylinder

eingebaut werden können, fällt diese Schwierigkeit weg, da die Signalumformung (Ladung in Spannung) vor der Übertragung direkt hinter der Meßstelle durchgeführt wird.

Besonderheiten des piezoelektrischen Meßsystems

Bestimmte Kristalle (z. B. Quarz) haben die Eigenschaft, unter äußerer Krafteinwirkung in der Richtung bevorzugter Kristallachsen Ladungsverschiebungen zu erleiden, die an den Oberflächen, auf welche die Kraft einwirkt, zu einer Oberflächenladung Q führen. Mittels Elektroden kann diese Ladung als Meßsignal abgenommen werden. Sie ist der einwirkenden Kraft P nach der Beziehung $Q = d \cdot P$ proportional. Der Proportionalitätsfaktor d , die Piezokonstante, stellt eine Werkstoffkonstante mit Richtungsabhängigkeit dar.

Die durch eine statische oder dynamische Belastung entstandene Ladung baut sich bedingt durch Ausgleichströme über den endlichen Isolationswiderstand des Quarzkristalles, den Ableitwiderstand der Verstärkerzuleitung sowie den endlichen Eingangswiderstand des Ladungsverstärkers in einem gewissen Zeitintervall ab. Dieser Vorgang ist dank des in Bild 1 dargestellten Ersatzschaltbildes einer Betrachtung zugänglich.

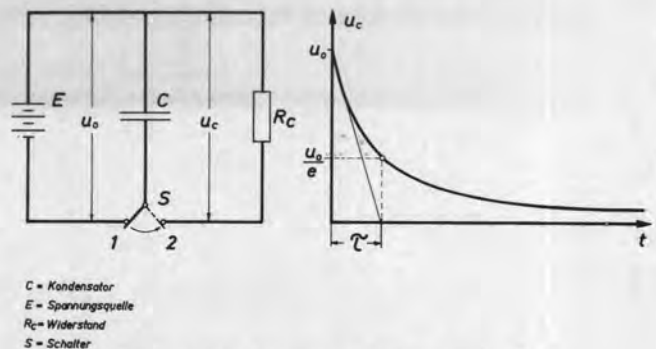


Bild 1: Ersatzschaltung des Aufnehmers für den statischen Fall.

Die Kombination der eben erwähnten Widerstände ergibt den Widerstand R_C im Ersatzbild.

Die Kapazität C setzt sich zusammen aus der Kapazität der Meßeinrichtung sowie der Kapazität des Quarzkristalles, wenn der Geber als Kondensator aufgefaßt wird. Hierbei ist das Dielektrikum der Quarzkristall, und die Kondensatorplatten sind die Abgriffselektroden. Normalerweise werden die auf den Kondensatorplatten wirksamen Ladungen durch den belasteten Quarzkristall erzeugt. Für die nun folgenden Betrachtungen erfolgt die Ladungserzeugung ersatzweise durch eine Spannungsquelle E ,

Prof. Dipl.-Ing. Karl R. Scheuter, Direktor des Instituts für Druckmaschinen und Druckverfahren der Technischen Hochschule Darmstadt, Darmstadt, Alexanderstraße 22.

Dipl.-Ing. Hellmuth Rech, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Druckmaschinen und Druckverfahren der Technischen Hochschule Darmstadt, Darmstadt, Alexanderstraße 22.

die den Kondensator C auflädt, wenn sich der Schalter S in Position 1 befindet. Die Spannung zwischen den Kondensatorplatten besitzt dann den Wert U_0 . Wird nun der Schalter S in die Position 2 gebracht, so erfolgt nach einem Exponentialgesetz $U_c = U_0 \cdot e^{-t/R_c \cdot C}$ ein Ausgleich der Ladung, d. h. die am Kondensator anliegende Spannung fällt vom Anfangswert U_0 mit der Zeit t ab. Je größer der Widerstand R_c ist, desto langsamer wird die Ladung abfließen. Um die Abweichung von U_c gegenüber U_0 möglichst klein zu halten, kann entweder die für die Messung benützte Zeit t möglichst klein, oder was praktisch einfacher zu verwirklichen ist, der Faktor $R_c \cdot C$ genügend groß gewählt werden. Durch das Exponentialgesetz wird bei vorgegebenem Faktor $R_c \cdot C$ die Zeitdauer festgelegt, innerhalb welcher eine gewählte Meßtoleranz nicht überschritten wird.

In der Elektrotechnik wird im allgemeinen zur Beurteilung solcher Ausgleichsvorgänge die sogenannte Zeitkonstante τ herangezogen, die das rechnerische Produkt des Widerstandes R_c und der Kapazität C darstellt. Ferner ist an Hand des vorher erwähnten Exponentialgesetzes zur Beschreibung des Ausgleichsvorganges zu ersehen, daß nach der Zeitdauer τ die Spannung U_c auf den e-ten Teil der Anfangsspannung U_0 abgesunken ist.

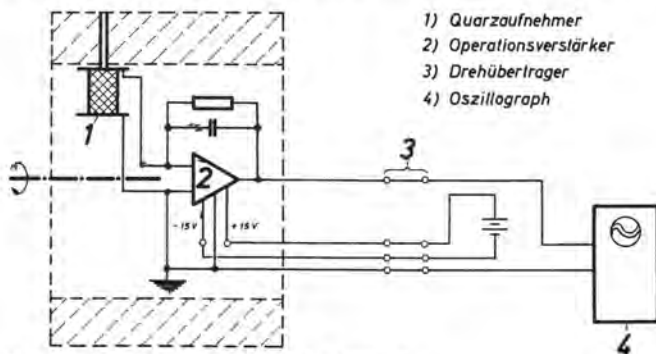


Bild 2: Schematischer Aufbau des Meßsystems.

Dieser Vorgang des Ausgleiches der Ladungen findet auch dann statt, wenn an Stelle einer Gleichspannung eine Wechselspannung wirksam wird. Dieser Fall entspricht dem Verhalten der piezoelektrischen Meßeinrichtung beim Auftreten von periodischen Kräften. Der Vorgang des Ladungsausgleiches führt hier nicht nur zu einer Beeinflussung der Meßergebnisse, sondern er verursacht zusätzlich eine Phasenverschiebung zwischen der Meßgröße und dem angezeigten Wert. Aus diesem Grunde ist man in der Meßtechnik bestrebt, die Zeitkonstante so hoch wie möglich zu wählen [7]. Da sie im wesentlichen vom Widerstand R_c abhängt, ist es wichtig, diesen so hoch wie möglich zu treiben. Eine besondere Bedeutung in dieser Hinsicht hat die Verstärkereingangslleitung sowie der Verstärkereingangswiderstand selbst.

Bei dem vorliegenden Problem werden nun die Ladungen von einem mitrotierenden Quarzaufnehmer erzeugt. Würde man nun diese Ladungen über einen Schleifringkörper nach außen übertragen, ergäbe sich sofort eine Reihe sehr großer Schwierigkeiten infolge Fremdladungserzeugung und Ladungsabfluß zwischen den Schleifringen, sowie Umladungen durch Kapazitätsänderungen gegenüber der geerdeten Abdeckung beim Rotieren. Die so übertragenen Ladungen wären stark verfälscht und würden genaue Messungen verhindern.

Es muß also vor der eigentlichen Übertragung über die Schleifringe die Transformation der Ladungen in Spannungen erfolgen. Dieser Umstand bedingt einen Verstärker, der kleine Abmessungen hat und zudem einen hohen Eingangswiderstand besitzt. Seit einiger Zeit sind nun Operationsverstärker in integrierter Bauweise erhältlich, die beiden Ansprüchen genügen, d. h. sie besitzen einen Eingangswiderstand von ca. $10^{11} \Omega$, und ihre Abmessungen betragen nur wenige Millimeter. Es war also naheliegend, die gestellte Meßaufgabe in dieser Weise zu lösen.

Der schematische Aufbau des gesamten Meßsystems ist in Bild 2 dargestellt. Der Quarzaufnehmer sowie der Operationsverstärker befinden sich im Formzylinder.

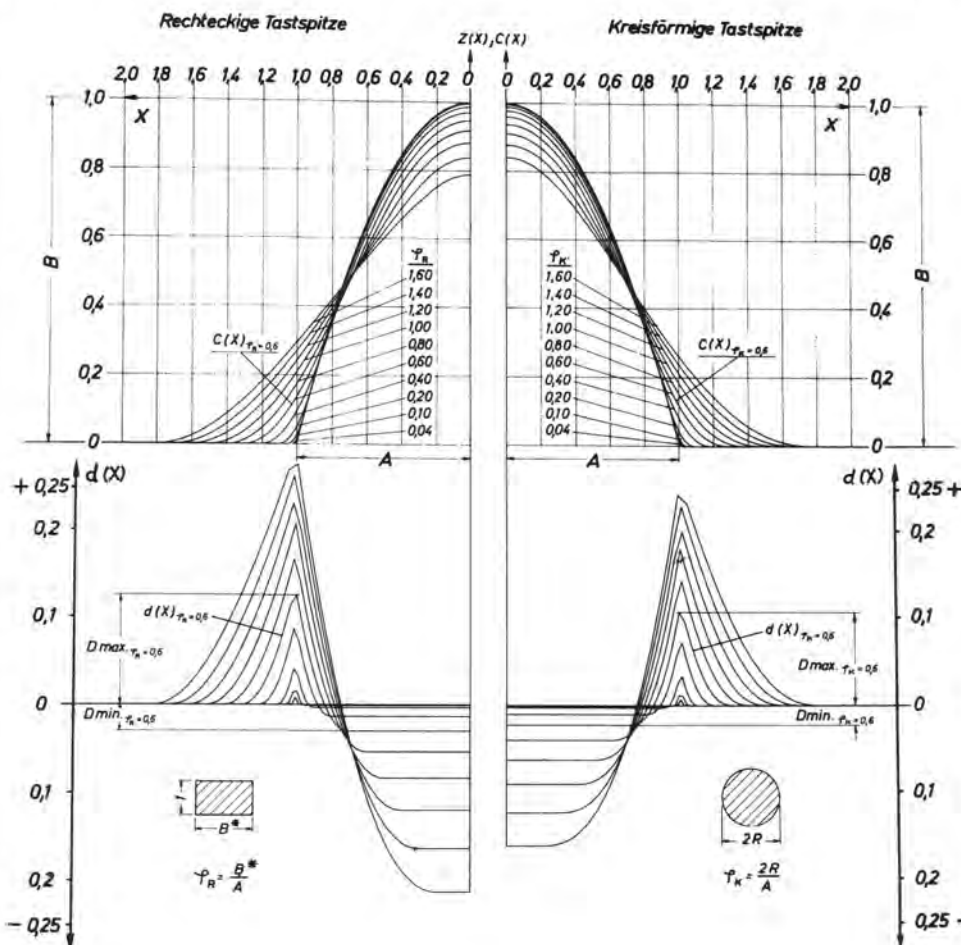


Bild 3: Rechnerische Druckverlaufskurven und Fehlerkurven für einen rechteckigen und kreisförmigen Taststift.


```

*JOB R 759,RECH,RECHTECKIGE TASTSPITZE
SLINE 500
*TIME 3
* ES WERDEN KARTEN GESTANZT
* BITTE AUF WEISSES PAPIER AUSDRUCKEN
*JOB
*IBFTC SPEC
759,RECH,RECHTECKIGE TASTSPITZ FORTRAN SOURCE LIST
ISN SOURCE STATEMENT
8 *IBFTC SPEC
C BERECHNUNG EINER RECHTECKIGEN TASTSPITZE
C
1 333 READ(5,1000) D,A,B,C,STA,STB,UX,UY,VX,VY
2 1000 FORMAT(4F8.4,2A6.4,F6.2)
3 FI = A/C
4 WRITE(6,2000)D,A,B,C,STA,STB,UX,UY,VX,VY,
5 2000 FORMAT(1H1,5X,4(3X,F6.4),5X,2(3X,A6),10X,4(3X,F6.2))
6 DIMENSION C3(100),P(100),PTH(100),ABW(100)
1 , X(100),Y(100),Y2(100),Y3(100),
2 XA(2),YA(2),XB(2),YB(2)
7 AMIN = 100.
10 AMAX = 0.
11 ADR1 = 0.
12 DO 10 K = 1,100
13 C0 = FLOAT(K-50)
14 C1 = (2.*A + 2.*C)/100.
15 C3(K) = C1 * C0
16 PK = 0.
17 DO 11 I = 1,100
20 C4 = FLOAT(I-51)
21 D4 = FLOAT(I-50)
22 C5 = C/100.
23 C6 = C5 * C4
24 D6 = C5 * D4
25 XC7 = C3(K) - C6
26 XD7 = C3(K) - D6
27 A1 = ABS(XC7) - A
30 A2 = ABS(XD7) - A
31 IF(A1) 30,20,20
32 20 Q1 = 0.
33 GOTO 25
34 30 Q1 = 1.
35 25 IF(A2) 31,21,21
36 21 Q2 = 0.
37 GOTO 26
40 31 Q2 = 1.
41 26 ZXC7 = Q1 * ((-B) * ((ABS(XC7))**2.)/(A**2.) + B)
42 ZXD7 = Q2 * ((-B) * ((ABS(XD7))**2.)/(A**2.) + B)
43 Z = (ZXC7 + ZXD7)/2.
44 PK = PK + Z * D * C5
45 11 CONTINUE
47 PI(K) = PK / (C * D)
50 A3 = ABS(C3(K)) - A
51 IF(A3) 40,41,41
52 41 Q3 = 0.
53 GOTO 42
54 40 Q3 = 1.
55 42 PTH(K) = Q3 * ((-B) * ((ABS(C3(K))**2.)/(A**2.) + B)
56 ABW(K) = PI(K) - PTH(K)
57 X(K) = C3(K) * 100. + UX
60 Y1(K) = PTH(K) * 200. + UY
61 Y2(K) = PI(K) * 200. + UY
62 Y3(K) = ABW(K) * 500. + VY
63 WRITE(6,2002) C3(K),PTH(K),PI(K),ABW(K)
64 2002 FORMAT(10X,4(10X,F12.9))
65 AMIN = AMIN / (AMIN, ABW(K))
66 AMAX = AMAX / (AMAX, ABW(K))
67 ADR1 = ADR1 + ABS(ABW(K))
70 10 CONTINUE
72 ADR2 = ADR1 / 100.
73 WRITE(6,2003) ADR2, AMAX, AMIN
74 2003 FORMAT(10X,3(10X,F12.9))
75 CALL ZANF F (STA,650.,650.,1.,1.)
76 XA(1) = UX
77 YA(1) = UY + 200.
100 XA(2) = UX
101 YA(2) = VY
102 XB(1) = UX - 260.
103 YB(1) = VY
104 XB(2) = UX + 260.
105 YB(2) = VY
106 CALL ZPOL F (XA,YA,2,2)
107 CALL ZPOL F (XB,YB,2,2)
110 CALL ZPOL F (X,Y1,100,2)
111 CALL ZPOL F (X,Y2,100,2)
112 CALL ZPOL F (X,Y3,100,2)
113 CALL ZEND F
114 GOTO 333
115 END

```

Bild 4: Quellenprogramm FORTRAN IV.

Die Versorgungsspannungen werden über Schleifringe dem Operationsverstärker zugeführt, können aber auch wahlweise eingebauten Batterien entnommen werden. Das transformierte Meßsignal kann dank des relativ niederohmigen Ausgangs des Operationsverstärkers praktisch störungsfrei über die Schleifringe übertragen werden.

Einfluß der Geometrie des Taststiftes

Je nach Größe und Form des Taststiftquerschnittes wird der Druckverlauf fehlerhaft wiedergegeben.

Unter Zuhilfenahme der Rechenanlage der TH Darmstadt wurde untersucht, wie stark ein vorgegebener Druckverlauf verfälscht wird, wenn der Taststift eine bestimmte Geometrie besitzt. Diese Untersuchungen wurden für einen kreisförmigen sowie für einen rechteckigen Taststift durchgeführt (Bild 3). Allgemein kann man mit dieser numerischen Integration die Verhältnisse für jeden beliebigen Meßgrößenverlauf (z. B. Trapezverlauf, Rechteckimpulse usw.) untersuchen. Für die nachfolgenden Betrachtungen wird jedoch ein parabolischer Druckverlauf angenommen.

In den sich anschließenden Betrachtungen bedeuten:

B = Scheitelhöhe der Druckparabel \triangleq im Programm der Variablen B
A = halbe Druckzonenbreite \triangleq im Programm der Variablen A
R = Radius der runden Tastspitze \triangleq im Programm der Variablen R
B* = Breite der rechteckigen Tastspitze \triangleq im Programm der Variablen C
x = Laufrichtung der Tastspitze \triangleq im Programm der Variablen X (K)
 φ = Formfaktor der Tastspitze \triangleq im Programm der Variablen $\frac{1}{FI}$
 D_{mittel} = Mittelwert der Fehler \triangleq im Programm der Variablen ADR2
 D_{max} = max. Fehler \triangleq im Programm der Variablen AWMAX
 D_{min} = min. Fehler \triangleq im Programm der Variablen AMIN
Z = vorgegebene Druckhöhe \triangleq im Programm der Variablen PTH (K)
Es sei für $|x| \leq A$; $Z = -\frac{B}{A^2} \cdot x^2 + B$
und $|x| > A$; $Z = 0$

Für den kreisförmigen Taststift wird der Formfaktor zu $\varphi_K = \frac{2R}{A}$ definiert, und für den rechteckigen Taststift gilt $\varphi_R = \frac{B^*}{A}$. Durch-

läuft der Taststift mit seinem jeweiligen Formfaktor die parabol-förmige Druckzone, so ergibt sich ein von der Parabel abweichender Verlauf. Die Fehlerkurve stellt die Differenz dieses Verlaufes zum angenommenen parabolischen Verlauf dar.

Der von x abhängige Fehler beträgt

$$d(x)\varphi = C(x)\varphi - Z(x).$$

Das Maximum dieser Kurve ergibt sich zu $D_{\text{max}}\varphi$ und das Minimum zu $D_{\text{min}}\varphi$.

Der Mittelwert der Absolutbeträge von $d(x)\varphi$ ergibt sich zu

$$D_{\text{mittel}}\varphi = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |d(x)\varphi|, \text{ wobei } n \text{ im Rechenprogramm die An-}$$

zahl der Integrationsschritte darstellt. Das Quellenprogramm (FORTRAN IV) für den rechteckförmigen Taststift ist in Bild 4 dargestellt.

Dieses Rechenprogramm enthält ferner noch ein Zeichenprogramm für einen peripheren x-y-Schreiber (Zuse-Graphomat) [10, 11, 12]. Die in Bild 4 dargestellten Kurven wurden auf diese Weise angefertigt. Die Fehlergrößen D_{max} , D_{min} und D_{mittel} sind in Abhängigkeit von φ_R bzw. φ_K für die kreisförmige sowie rechteckige Tastspitze in Bild 5 dargestellt. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß kreisförmige Tastspitzen etwas geringere Abweichungen aufweisen als rechteckige, wenn $\varphi_K = \varphi_R$ ist.

Für die Auslegung des Taststiftdurchmessers wurde davon ausgegangen, daß die zu erwartenden Druckzonenbreiten ca. 10 bis 15 mm betragen. Der Taststiftdurchmesser wurde zu 1,5 mm ϕ gewählt.

Für die Druckzonenbreite von 15 mm ergeben sich folgende Werte:

$$\begin{aligned} \varphi_K &= 0,2 \\ D_{\text{mittel}} &= 0,0038 \triangleq 0,38\% \\ D_{\text{max}} &= 0,0339 \triangleq 3,39\% \\ D_{\text{min}} &= -0,00249 \triangleq 0,249\% \end{aligned}$$

Für die Druckzonenbreite von 10 mm ergeben sich

$$\begin{aligned} \varphi_K &= 0,3 \\ D_{\text{mittel}} &= 0,0078 \triangleq 0,78\% \\ D_{\text{max}} &= 0,052 \triangleq 5,2\% \\ D_{\text{min}} &= -0,0078 \triangleq 0,78\% \end{aligned}$$

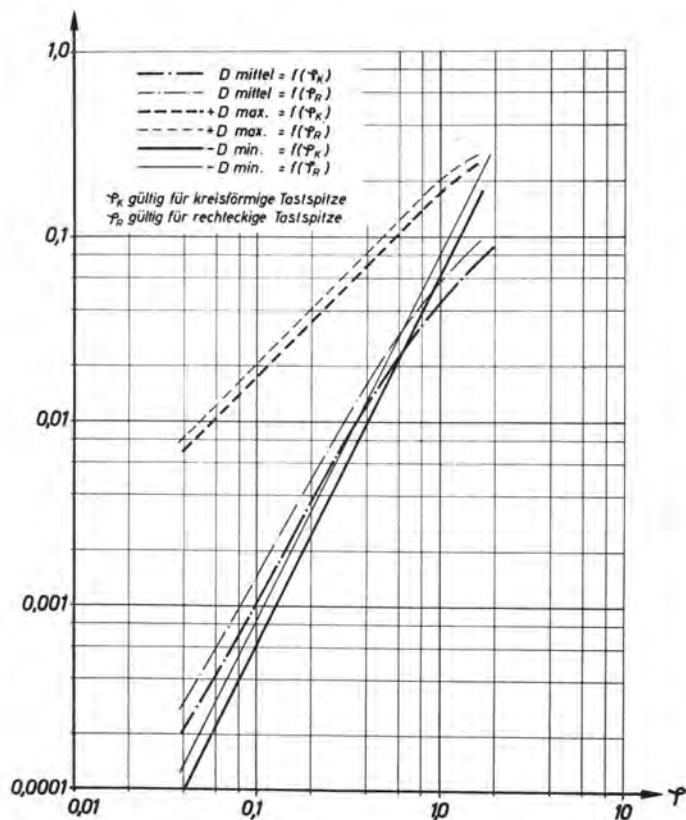


Bild 5: Abhängigkeit der Fehlergrößen vom Formfaktor.

An Hand dieser beiden Beispiele wird verdeutlicht, daß der gewählte Stiftdurchmesser relativ kleine Fehler verursacht.

Eichung

Durch Versuche wurde ersichtlich, daß zunächst eine statische Eichmethode nicht in Frage kam. Aus diesem Grunde wurde eine Eicheinrichtung zur dynamischen Eichung des Piezoaufnehmers entwickelt. In Bild 6 ist sie schematisch dargestellt.

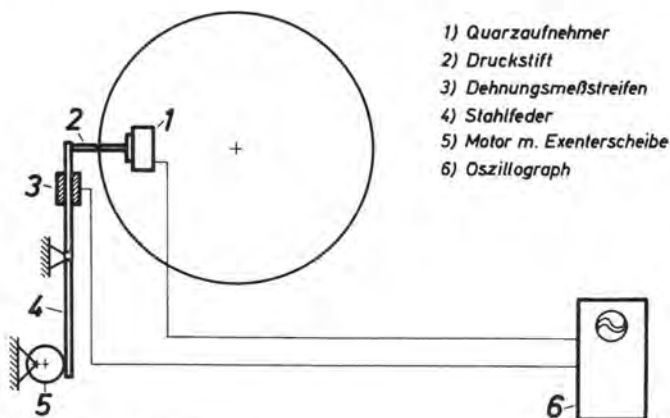


Bild 6: Eicheinrichtung.

Durch eine motorisch angetriebene Exzentrerscheibe 5 wird die mittig gelagerte Blattfeder 4 verformt. Durch Änderung der Exzentrizität von 5 läßt sich die Druckkraft variieren. Die Verformung der Blattfeder wird durch die Dehnmeßstreifen 3 erfaßt. Der Druckstift 2 überträgt die Federkraft auf den Quarzaufnehmer 1. Die mittels einer statischen Eichung gewonnene Eichkurve ist in Bild 7 dargestellt. Sie ist erwartungsgemäß linear.

Die Signale des geeichten DMS-Gebers sowie des Quarzgebers werden gemeinsam von einem Oszillographen 6 zur Anzeige gebracht. Die erhaltenen Oszillogramme sind in Bild 8 dargestellt. Sie führen unter Verwendung der Eichkurve Bild 7 zum gewünsch-

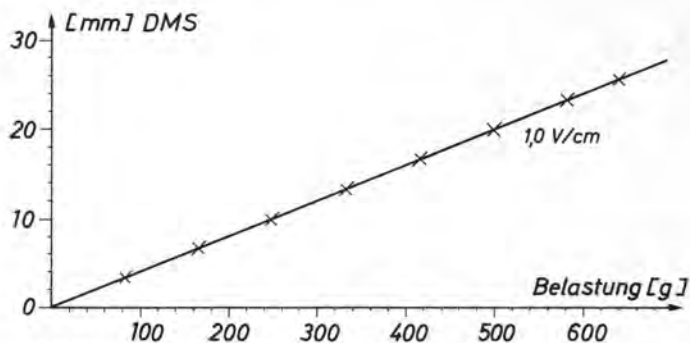


Bild 7: Eichkurve der Blattfeder.

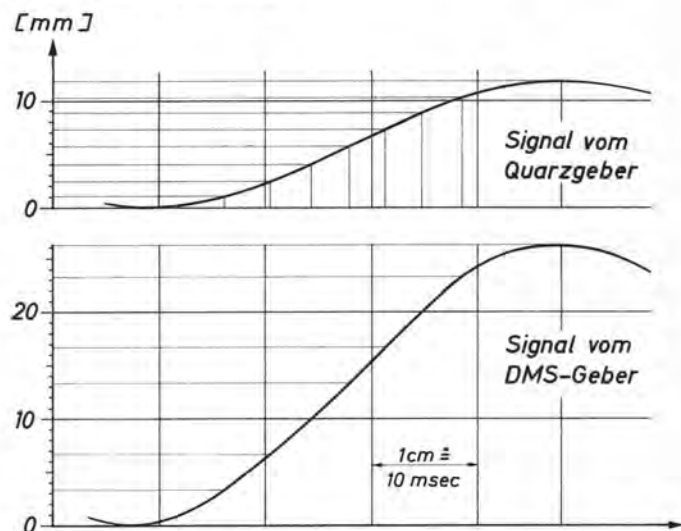


Bild 8: Oszillogramme des Quarzgebers und des DMS-Gebers.

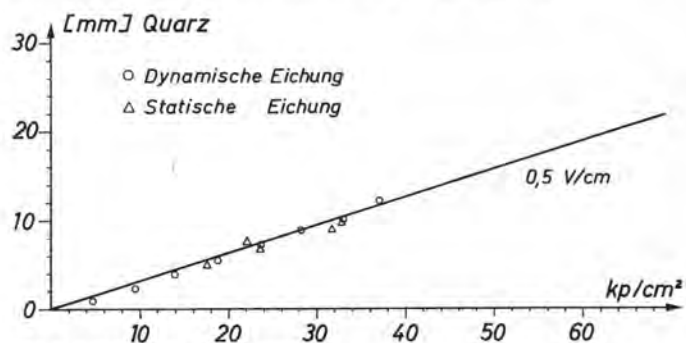


Bild 9: Eichdiagramm des Quarzgebers.

ten Eichdiagramm Bild 9. Auch dieses zeigt einen linearen Zusammenhang zwischen dem Druck und dem Meßgerätausschlag.

Bei den ersten Versuchen wurde eine Zeitkonstante $\tau = 0,76$ sec ermittelt. Durch Erhöhung der Isolationswiderstände konnte eine Verbesserung auf $\tau > 5$ min erzielt werden, so daß zusätzlich zur dynamischen auch eine quasistatische Eichmethode angewandt werden konnte. An Stelle der motorisch erzeugten Wechselbelastung wird dabei die Stahlfeder durch eine statische Last beaufschlagt. Diese wird durch ein dünnes Zugseil über eine Umlenkrolle auf die Stahlfeder aufgebracht. Die Be- und Entlastung wird manuell vorgenommen. Der Vorgang wird wie früher vom Oszillographen registriert. Die quasistatischen Eichwerte liegen im gleichen Streubereich wie die dynamischen.

Meßergebnisse

In Bild 10 ist die Meßanordnung in einer Druckmaschine schematisch dargestellt, und zwar für den Fall des Offsetdruckes (Platten- und Gummizylinder). Bild 11 gibt als Beispiel ein typisches Oszillogramm wieder. Es zeigt, wie üblich, den der Druckzone entsprechenden Druckberg, der dann unmittelbar von einer dem Farbzug entsprechenden Senke gefolgt wird.

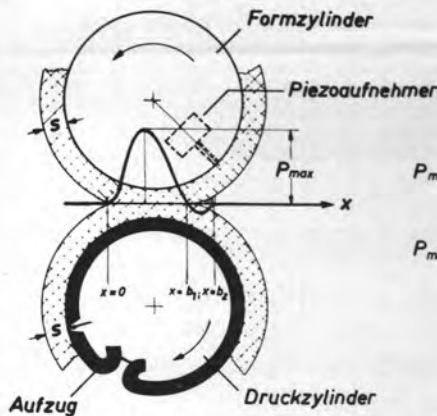


Bild 10: Meßanordnung in der Druckmaschine (Platten- und Gummizylinder).

Bei starrer Anstellung der Zylinder, wie dies in allen Druckmaschinen – im Gegensatz zu den Probedruckgeräten – üblich ist, ergibt sich eine Druckabhängigkeit von der Farbschichtdicke (Bild 12). Sowohl der Scheitelwert des Druckberges als auch dessen mittlerer Druck steigen mit größer werdender Schichtdicke an. Dasselbe gilt auch für den negativen Druckbereich.

Der Druckverlauf beim Bedrucken von Papier stimmt mit dem Verlauf, wie er sich bei der Farbübertragung auf das Gummiband ergibt, nicht völlig überein.

Die Farbspaltung erfolgt verzögert, da das Papier bekanntlich noch eine Weile der Druckform folgt, bevor es sich ablöst. In Bild 13 ist die Verzögerung der Ablösung leicht erkenntlich.

Zusammenfassung

Zur Messung des Anpreßdruckes wurde eine piezoelektrische Meßeinrichtung entwickelt und erprobt. Die vom Piezoaufnehmer erzeugten Ladungen werden von einem kleinen Operationsverstärker, der wegen der verwendeten FET-Transistoren einen hohen Eingangswiderstand besitzt, in Spannungen umgeformt und diese anschließend mittels eines Drehübertragers einem Oszillographen zugeführt. Dadurch lassen sich alle Übertragungsschwierigkeiten der Ladungen umgehen. Der Einfluß der Tastspitzengeometrie auf die Wiedergabe eines Druckverlaufes wurde untersucht.

Literatur

- [1] Rupp, E. / Rieche, E.: Beiträge zur Bedruckbarkeit von Papier und Folien. Institut für Grafische Technik, Leipzig (1959).
- [2] Rupp, E. / Rieche, E.: Die Farbübertragung im Ein- und Mehrfarbendruck. Institut für Grafische Technik, Leipzig (1963).
- [3] Albrecht, J. / Schirmer, K. H.: Über die meßtechnische Druckgütebeurteilung schwarzer Illustrations-Buchdruckfarben. FOGRA-Institutsmitteilung 1/1, München (1965).
- [4] Scheuter, K. R. / Rech, H.: Die Farbübertragung im Probedruckgerät und in der laufenden Druckmaschine. Archiv für Drucktechnik Nr. 7 (1967).
- [5] Eschenbach, E. / Wagenbauer, K. / Göbel, H.: Über das dynamische Verhalten von Druckwerken. Archiv für Druck und Papier Nr. 2 (1964).
- [6] Fink / Rohrbach: Handbuch der Spannungs- und Dehnungsmessung. VDI-Verlag GmbH., Düsseldorf (1958).
- [7] Gohlke, W.: Einführung in die piezoelektrische Meßtechnik. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Porting K.G., Leipzig (1959).
- [8] Wagenbauer, K.: Beiträge zum Druckprozeß bei Offset-Bogenrotationsmaschinen. Archiv für Druck und Papier Nr. 3 (1959).

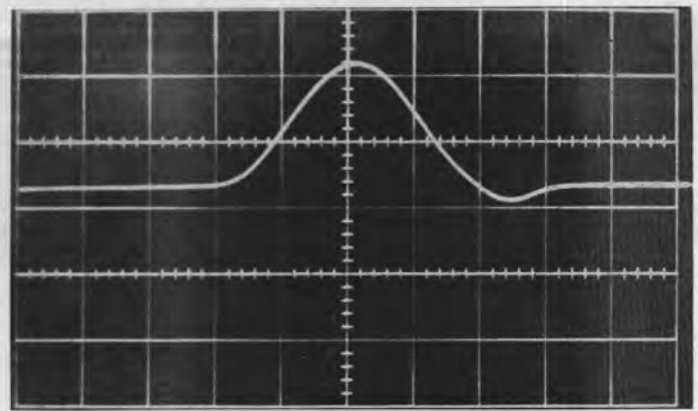


Bild 11: Oszillogramm des Druckverlaufes.

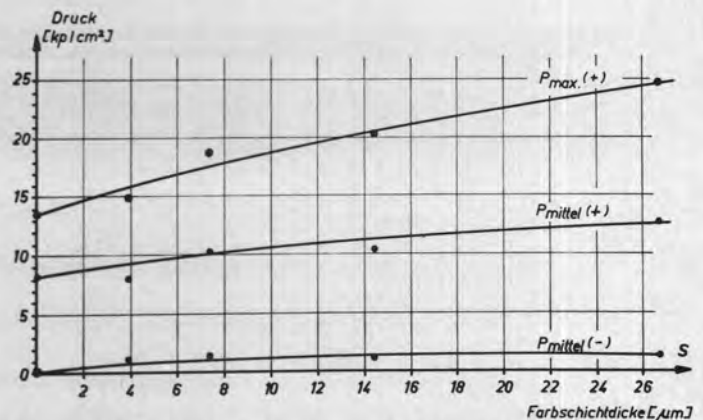


Bild 12: Abhängigkeit der Druckwerte von der Farbschichtdicke.

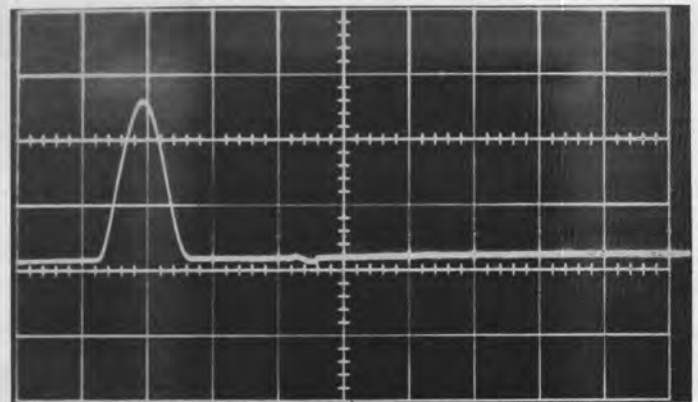


Bild 13: Oszillogramm des Druckverlaufes mit Papier.

- [9] Grave, H. F.: Elektrische Messung nichtelektrischer Größen. Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt/M. (1965).
- [10] Müller, K. H. / Strecker, I.: FORTRAN IV, Bibliographisches Institut Mannheim (1967), Hochschultaschenbücher-Verlag.
- [11] Unterprogramme für FORTRAN, Blatt 7, Rechenzentrum der Technischen Hochschule Darmstadt.
- [12] IBM, Technical Newsletter, IBM 7040/7044 Operation System (16/32 K).

Mise au Point d'un système pour mesurer la pression d'impression

Le transfert d'encre dans la zone d'impression d'une presse dépend d'un nombre de facteurs et aussi de la tension existante. Des études d'imprimabilité exigent que ces paramètres soient mesurés. On a mis au point un appareil de mesure piézoélectrique pour permettre de mesurer la pression d'impression. Un

petit amplificateur d'une grande résistance d'entrée transforme les charges produites en voltages et les alimente à l'aide d'un transmetteur rotatif à un oscillographe. Cela permet de tourner toutes les difficultés de transmission des charges.